

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 42 19 454 A 1

51 Int. Cl.⁵:
G01 F 1/68
G01 K 1/14

21 Aktenzeichen: P 42 19 454.7
22 Anmeldetag: 13. 6. 92
43 Offenlegungstag: 16. 12. 93

DE 42 19 454 A 1

71 Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

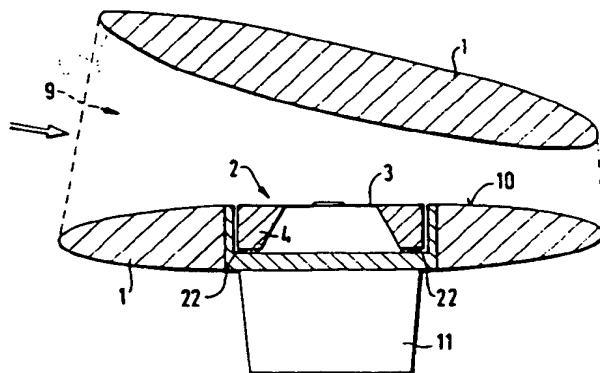
72 Erfinder:

Kienzle, Wolfgang, Dipl.-Ing., 7254 Hemmingen, DE;
Sauer, Rudolf, Dipl.-Ing. Dr., 7141 Benningen, DE;
Hecht, Hans, Dipl.-Phys., 7015 Korntal, DE; Weiblen,
Kurt, Ing. (grad.), 7430 Metzingen, DE; Reihlen,
Eckart, Dr.-Ing., 7410 Reutlingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Massenflußsensor

57 Es wird ein Massenflußsensor vorgeschlagen, der zum Nachweis der Intensität eines Medienstromes dient. Der Massenflußsensor umfaßt einen Meßchip 2, mit einer dielektrischen Membran 3 und einem Rahmen 4 aus einkristallinem Silizium. Auf der Membran 3 ist mindestens ein Heizer 5 angeordnet. Dieser Meßchip ist in den Anströmkanal 9 eines Gehäuses 1 eingebaut. Durch die Ausgestaltung des Gehäuses wird die Verschmutzung des Meßchips verringert, der thermische Ausgleich mit dem Medienstrom verbessert, die Beständigkeit des Sensors gegen plötzliche Druckschwankungen erhöht und die elektrische Kontaktierung verbessert (Figur 3).



DE 42 19 454 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Massenflusssensor nach der Gattung des Hauptanspruches. Aus der WO 89/05963 ist schon ein Massenflusssensor bekannt, bei dem eine dielektrische Membran in einem Rahmen aus einkristallinem Silizium angeordnet ist. Auf der Membran sind Heizelemente und Temperaturmeßelemente angeordnet. Weitere Temperaturmeßelemente sind auf dem Siliziumrahmen angeordnet.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Massenflusssensor mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruches hat demgegenüber den Vorteil, daß durch den Einbau des Meßchips in den Anströmkanal eines Gehäuses exakt definierte und gut reproduzierbare Strömungsverhältnisse auf der Oberfläche des Meßchips erreicht werden. Als weiterer Vorteil ist anzusehen, daß durch den Einbau des Meßchips in den Anströmkanal ein besserer Schutz des Meßchips vor mechanischen Belastungen und im Medienstrom geführten Partikeln erreicht werden kann.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserung des im Hauptanspruch angegebenen Massenflusssensors möglich. Durch eine Beschleunigung des Massenflusses im Anströmkanal wird die Ablagerung von Schmutzpartikeln auf dem Meßchip verringert. Weiterhin wird die Ablösung von Wirbeln, die zu einem erhöhten Rauschen führen, unterdrückt und so die Messung verbessert. Besonders einfach wird diese Beschleunigung durch einen sich in Stromrichtung verjüngenden Querschnitt des Anströmkanals erreicht. In einer besonders günstigen Ausführung liegt dabei der kleinste Querschnitt in Strömungsrichtung nach dem Meßchip, da so sichergestellt wird, daß die Luft auch oberhalb des Sensors beschleunigt wird. Durch den bündigen Einbau des Meßchips in eine Wand des Anströmkanals werden Kanten im Strömungskanal vermieden, die zu besonders starker Schmutzablagerung führen. Durch die flächige Verbindung des Rahmens wird ein guter thermischer Kontakt mit dem Gehäuse sichergestellt. Mechanische Verspannungen in der Membran 3 werden verringert, wenn die flächige Klebung nur auf einer Seite der Membran erfolgt. Die Anpassung der Gehäusetemperatur an die Temperatur des Medienstromes wird durch einen Kühlkörper verbessert. Zum Schutz der dielektrischen Membran gegen einen plötzlichen Druckanstieg des Medienstromes und thermisch bedingter Ausdehnung des zwischen Meßchip und Gehäuse eingeschlossenen Gases weist das Gehäuse ein Lüftungsloch auf. Um dabei eine Strömung auf der Unterseite der Membran zu vermeiden, sollte der Querschnitt des Lüftungslochs kleiner als die Länge des Lüftungslochs sein. Ein besonders dichter Einbau des Meßchips in das Gehäuse wird durch die Verwendung einer Dichtlippe erreicht. Wenn dabei die Dichtlippe auf dem Rahmen aufliegt, so ist der Zusammenbau von Meßchip und Gehäuse besonders einfach. Die mechanische Belastung des Meßchips wird verringert, indem die Dichtlippe einen geringen Spalt zum Rahmen aufweist und dieser Spalt durch Klebstoff verschlossen ist. Durch die Anordnung der Membran und der Bondpads auf ver-

schiedenen Seiten der Dichtlippe wird eine klare Trennung des Meßbereiches vom elektrischen Anschlußbereich erreicht. Insbesondere ermöglicht diese Trennung die Verwendung von Schaltkreisen oder anderen empfindlichen Elementen in unmittelbarer Nähe der Membran, ohne daß diese durch den Medienstrom beeinflusst werden.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1a und Fig. 1b einen Meßchip im Querschnitt und in der Aufsicht, Fig. 2 eine Aufsicht, Fig. 3 einen Längsschnitt, Fig. 4 einen Querschnitt durch den Massenflusssensor und Fig. 5 einen Querschnitt durch eine weitere Ausgestaltung des Massenflusssensors.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Fig. 1a ist ein Meßchip 2 im Querschnitt und in Fig. 1b ist ein Meßchip 2 in der Aufsicht dargestellt. Mit 3 ist eine dielektrische Membran in einem Rahmen 4 aus einkristallinem Silizium bezeichnet. Auf der Membran 3 ist mindestens ein Heizer 5 und mindestens ein Temperaturfühler 6 angeordnet. Auf dem Rahmen 4 ist ein weiterer Referenztemperaturfühler 20 angeordnet. Der Heizer 5, der Temperaturfühler 6 und der Referenztemperaturfühler 20 sind durch Leiterbahnen 7 mit Bondpads 8 verbunden. Durch die Leiterbahnen 7 wird ein elektrischer Kontakt zwischen dem Heizer 5, dem Temperaturfühler 6, dem Referenztemperaturfühler 20 und der Außenwelt hergestellt. Durch Bonden von Drähten auf den Bondpads 8 kann eine elektrische Verbindung zu externen, hier nicht gezeigten Schaltkreisen, hergestellt werden. Die dielektrische Membran 3 besteht beispielsweise aus Siliziumnitrid und/oder Siliziumoxid. Diese Materialien haben ein geringes thermisches Leitvermögen und lassen sich besonders einfach auf der Oberfläche eines Siliziumwafers erzeugen. Durch Ätzen eines auf der Oberseite mit einem dielektrischen Material beschichteten Siliziumwafers wird die freitragende Membran 3 gebildet. Die entsprechenden Ätzmethoden sind dem Fachmann geläufig. Der Heizer 5 besteht aus einem Widerstandselement, welches durch einen durch die Leiterbahnen 7 geschickten Stromfluß Wärme auf der Membran erzeugt. Das Widerstandselement kann beispielsweise aus einem Metall aber auch aus entsprechend dotiertem Silizium bestehen. Der Temperaturfühler 6 und der Referenztemperaturfühler 20 können beispielsweise aus einem Widerstandselement bestehen, dessen Leitfähigkeit von der Temperatur abhängt. Geeignete Materialien für dieses Widerstandselement sind Metalle oder entsprechend dotiertes Silizium. Für den Temperaturfühler 6 kann auch ein Element verwendet werden, das den Temperaturunterschied zwischen der Membran und dem Rahmen über den Seebeck-Effekt nutzt.

Mit diesem Meßchip 2 kann die Größe eines Massenflusses bestimmt werden, wobei die Flußrichtung parallel zur Oberfläche des Meßchips 2 ist. Durch den Heizer 5 wird die Membran 3 auf einer Temperatur gehalten, die größer ist als die Temperatur des Massenflusses. Die vom Massenfluß von der Membran 3 abgeführte Wärme ist abhängig von der Intensität des Massenflusses. Durch Messung der Temperatur der Membran 3 kann so die Intensität des Massenflusses bestimmt werden.

Die Messung der Membrantemperatur kann durch den Temperaturfühler 6 oder durch Messung des Widerstandes des Heizers 5 erfolgen. Der Referenztemperaturfühler 20 dient dazu, den Einfluß der Temperatur des vorbeiströmenden Mediums auszuschalten. Dabei wird davon ausgegangen, daß der Rahmen 4 auf der Temperatur des vorbei strömenden Mediums ist. Erfahrungsgemäß ist ein solcher Meßchip sehr empfindlich gegen Verschmutzungen der Oberfläche, die beispielsweise durch Schmutzpartikel entstehen können.

In Fig. 2 wird der erfindungsgemäße Massenflußsensor in der Aufsicht gezeigt. Der Meßchip 2 ist in den Anströmkanal 9 des Gehäuses 1 eingebaut. Durch den Pfeil wird die Richtung der Strömung durch den Anströmkanal 9 angedeutet. Bei der Darstellung des Meßchips 2 wurde zur Vereinfachung auf die Darstellung des Temperaturfühlers 6 und des Referenztemperaturfühlers 20 verzichtet. Der auf der Membran 3 angeordnete Heizer 5 ist durch Leiterbahnen 7 mit den Bondpads verbunden. Durch die Bonddrähte 21 ist ein elektrischer Kontakt zu hier nicht gezeigten Schaltkreisen hergestellt. Mit 14 sind schematisch direkt auf dem Meßchip angeordnete Schaltkreise dargestellt. Durch diese Schaltkreise 14 kann eine Verarbeitung der Signale des Temperaturfühlers 6 und des Referenztemperaturfühlers 20 bzw. eine Ansteuerung des Heizers 5 vorgenommen werden. Durch die monolithische Integration der Schaltkreise mit dem Meßchip wird letzterer empfindlicher, die Störsicherheit wird erhöht und die Kosten potentiell verringert. Der Querschnitt des Anströmkanals 9 verringert sich entlang der Flußrichtung. Der geringste Querschnitt ist dabei in Flußrichtung nach dem Meßchip gelegen. Durch diese Maßnahme wird die Ablagerung von Schmutzpartikeln auf dem Meßchip 2 verringert. Weiterhin wird die Ablösung von Wirbeln auf der Oberfläche des Meßchips unterdrückt, das dadurch verringerte Rauschen verbessert die Meßbarkeit des Sensorsignals.

In Fig. 3 wird ein Längsschnitt durch den Massenflußsensor nach Fig. 2 entlang der Linie I-I gezeigt. Der Meßchip 2 ist so in das Gehäuse 1 eingebaut, daß die Membran 3 und der Rahmen 4 bündig mit einer Wand 10 des Anströmkanals 9 sind. Der Rahmen 4 ist durch Klebstoff 22 flächig mit dem Gehäuse 1 verklebt. Der Querschnitt des Anströmkanals 9 verjüngt sich und weist den geringsten Querschnitt in Strömungsrichtung nach dem Meßelement 2 auf. Weiterhin weist das Gehäuse 1 einen Kühlkörper in der Form von Kühlrippen 11 auf. Die Kühlrippen 11 sind mit ihrer Längsseite parallel zum Medienstrom (siehe Pfeil) orientiert.

Durch den bündigen Einbau des Meßchips 2 werden im Anströmkanal 9 Kanten vermieden, an denen sich erfahrungsgemäß besonders viele Schmutzpartikel ansammeln. Da Schmutzpartikel, insbesondere in der Nähe der Membran 3, die Kennlinie des Meßchips verändert, wird durch diese Maßnahme die Langzeitstabilität des Ausgangssignals des Massenflußsensors verbessert. Um den Einfluß der Temperatur des Medienstromes zu verringern, muß der Referenztemperaturfühler 20 annähernd die Temperatur des Medienstromes aufweisen. Zu diesem Zweck ist der Meßchip 2 flächig, d. h. mit einem großen Teil seiner Fläche mit dem Gehäuse verklebt. Durch diese Maßnahme wird ein guter thermischer Kontakt zwischen dem Meßchip und dem Gehäuse 1 sichergestellt. Weiterhin muß der Kühlkörper 11 eine ausreichende Wärmemenge an den Medienstrom abgeben um die durch den Heizer 5 verursachte Erwärmung des Rahmens 4 auszugleichen. Dabei sollte auch

bei einer Temperaturänderung des Mediums die Temperaturanpassung des Rahmens schnell erfolgen. Das Gehäuse 1 und der Kühlkörper 11 weisen daher eine geringe Masse auf und sind aus Materialien mit einer geringen spezifischen Wärmekapazität gefertigt. Durch ein großes Verhältnis von Oberfläche zu Volumen des Kühlkörpers, beispielsweise durch die Ausgestaltung als Kühlrippen, wird eine große Wärmeabgabe an das Medium und eine schnelle Anpassung an eine Änderung der Temperatur gewährleistet.

In Fig. 4 ist ein Querschnitt durch den Massenflußsensor entlang der Linie II-II von Fig. 2 gezeigt. Das Gehäuse 1 besteht aus einem oberen Teil 24 und einem unteren Teil 25. Der Meßchip 2 ist im unteren Teil 25 des Gehäuses 1 in einer Ausnehmung 26 eingebaut. Der Rahmen 4 ist durch Klebstoff 22 flächig mit dem unteren Teil 25 des Gehäuses 1 verklebt. Der Meßchip 2 weist weiterhin Schaltkreise 14 und einen Bondpad 8 auf. Durch einen Bonddraht 21 ist der Meßchip 2 mit anderen, hier nicht gezeigten, Schaltkreisen verbunden. Weiterhin weist der untere Teil des Gehäuses Kühlrippen 11 auf. Die Unterseite der Membran 3 ist durch ein Lüftungsloch 12 belüftet. Das obere Gehäuseteil 24 weist eine Dichtlippe 13 auf, die durch Klebstoff 23 mit dem Meßchip 2 verbunden ist.

Durch das Lüftungsloch 12 wird ein Druckunterschied zwischen der Ober- bzw. Unterseite der Membran 3 vermieden. Da die Membran 3 sehr dünn ist, um das thermische Leitvermögen der Membran gering zu halten, besteht bei Druckunterschieden die Gefahr, daß die Membran zerstört wird. Dabei ist es jedoch unerwünscht, daß in dem von Membran 3, Rahmen 4 und Gehäuseunterteil 25 gebildeten Hohlraum eine Strömung erfolgt, da es sonst zur Ablagerung von Schmutzpartikeln kommen kann. Der Querschnitt des Lüftungsloches 12 sollte daher kleiner sein als seine Länge.

Durch die Dichtlippe 13 wird die Oberseite des Meßchips 2 in Bereiche unterteilt. Im einen Bereich ist die Membran 3 und der Anströmkanal 9 gelegen. Auf der anderen Seite der Dichtlippe 13 sind die Schaltkreise 14, die Bondpads 8 und Bonddrähte 21 gelegen. Dieser Bereich ist vom Medium getrennt. Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß die Schaltkreise 14, die Bondpads 8 und die Bonddrähte 21 vor störenden Einflüssen des Medienstromes geschützt sind. Die hermetische Trennung zwischen diesen beiden Bereichen wird durch Aufsetzen der Dichtlippe 13 auf den Rahmen 4 oder durch die Verwendung einer Klebstoffschicht 23 zwischen der Dichtlippe 13 und dem Rahmen 4 erreicht.

In Fig. 5 ist eine weitere Ausführung des Massenflußsensors gezeigt, bei der der Meßchip 2 durch den Klebstoff 22 nur auf einer Seite der Membran 3 mit dem unteren Gehäuseteil 25 verklebt ist, und die Aussparung 26 des unteren Gehäuseteils 25 für den Meßchip 2 etwas größer ist als der Meßchip 2. Durch diese Maßnahmen wird erreicht, daß sich der Meßchip 2 bei Erwärmung ausdehnen kann, ohne daß es dabei zu Verspannungen mit dem Gehäuse 1 kommt. Die aus dem oberen Gehäuseteil 24 ausgebildete Dichtlippe 13, die die Membran 3 und die Bonddrähte 21 trennt, ist elastisch und ohne Klebung auf den Meßchip 2 aufgesetzt. Die Abdichtung kann wieder durch eine Klebung verbessert werden. Bei dieser Ausführung des Massenflußsensors weist der untere Gehäuseteil 25 kein Lüftungsloch auf, da ein Druckausgleich zwischen der Oberseite und der Unterseite der Membran 3 durch das von Meßchip 2 und unteren Gehäuseteil 25 gebildeten Lüftungsloch erfolgen kann.

Patentansprüche

1. Massenflußsensor mit einem Meßchip (2) der eine dielektrische Membran (3) in einem Rahmen (4) aus einkristallinem Silizium und darauf angeordnet 5
mindestens einen Heizer (5) aufweist, wobei Leiterbahnen (7) zum Heizer (5) führen und auf dem Rahmen (4) Bondpads (8) für die Kontaktierung des Meßchips (2) gelegen sind, dadurch gekennzeichnet, 10
daß der Massenflußsensor ein Gehäuse (1) mit einem Anströmkanal (9) aufweist, in dem der Meßchip (2) mindestens teilweise eingebaut ist.
2. Massenflußsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Massenfluß durch die Geometrie des Anströmkanals (9) beschleunigt wird. 15
3. Massenflußsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Anströmkanal (9) einen sich in Stromrichtung verjüngenden Querschnitt aufweist.
4. Massenflußsensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der kleinste Querschnitt in Strömungsrichtung nach dem Meßchip (2) liegt. 20
5. Massenflußsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßchip (2) bündig in eine Wand (10) des Anströmkanals (9) eingelassen ist. 25
6. Massenflußsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rahmen (4) des Meßchips (2) flächig mit dem Gehäuse (1) verklebt ist. 30
7. Massenflußsensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Rahmen (4) nur auf einer Seite der Membran (3) verklebt ist.
8. Massenflußsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das 35
Gehäuse (1) einen Kühlkörper (11) aufweist.
9. Massenflußsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückseite der Membran (3) belüftet ist.
10. Massenflußsensor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Belüftung durch ein Lüftungsloch (12) erfolgt, wobei der Querschnitt des Lüftungslochs (12) kleiner ist als die Länge des Lüftungslochs (12). 40
11. Massenflußsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (1) eine Dichtlippe (13) aufweist und durch die Dichtlippe (13) ein Teil des Rahmens (4) abgedichtet wird. 45
12. Massenflußsensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Dichtlippe (13) auf dem Rahmen (4) aufliegt. 50
13. Massenflußsensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Dichtlippe (13) einen geringen Spalt zum Rahmen (4) aufweist und dieser 55
Spalt durch Klebstoff verschlossen ist.
14. Massenflußsensor nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß auf der einen Seite der Dichtlippe (13) die Membran (3) und auf der anderen Seite die Bondpads (8) gelegen sind. 60
15. Massenflußsensor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßchip (2) Schaltkreise (14) aufweist, die auf derselben Seite der Dichtlippe (13) gelegen sind wie die Bondpads (8). 65

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

1. The first part of the document is a letter from the President of the United States to the Congress, dated January 3, 1862. The letter is addressed to the Senate and the House of Representatives, and is signed by Abraham Lincoln. The letter discusses the state of the Union and the progress of the war against the Confederacy. It also mentions the President's efforts to maintain the Union and his commitment to the principles of liberty and justice for all.

2. The second part of the document is a report from the Secretary of the War Department, dated January 10, 1862. The report is addressed to the President and the Congress, and is signed by Edwin M. Stanton. The report discusses the military situation in the South and the progress of the war. It also mentions the Secretary's efforts to supply the army and his commitment to the principles of efficiency and economy.

3. The third part of the document is a report from the Secretary of the Navy Department, dated January 10, 1862. The report is addressed to the President and the Congress, and is signed by Gideon Welles. The report discusses the state of the Navy and the progress of the war. It also mentions the Secretary's efforts to maintain the Navy and his commitment to the principles of strength and honor.

4. The fourth part of the document is a report from the Secretary of the Treasury Department, dated January 10, 1862. The report is addressed to the President and the Congress, and is signed by Salmon P. Chase. The report discusses the state of the Treasury and the progress of the war. It also mentions the Secretary's efforts to maintain the Treasury and his commitment to the principles of justice and equity.

5. The fifth part of the document is a report from the Secretary of the Interior Department, dated January 10, 1862. The report is addressed to the President and the Congress, and is signed by Caleb B. Smith. The report discusses the state of the Interior and the progress of the war. It also mentions the Secretary's efforts to maintain the Interior and his commitment to the principles of order and law.

6. The sixth part of the document is a report from the Secretary of the War Department, dated January 10, 1862. The report is addressed to the President and the Congress, and is signed by Edwin M. Stanton. The report discusses the military situation in the South and the progress of the war. It also mentions the Secretary's efforts to supply the army and his commitment to the principles of efficiency and economy.

7. The seventh part of the document is a report from the Secretary of the Navy Department, dated January 10, 1862. The report is addressed to the President and the Congress, and is signed by Gideon Welles. The report discusses the state of the Navy and the progress of the war. It also mentions the Secretary's efforts to maintain the Navy and his commitment to the principles of strength and honor.

8. The eighth part of the document is a report from the Secretary of the Treasury Department, dated January 10, 1862. The report is addressed to the President and the Congress, and is signed by Salmon P. Chase. The report discusses the state of the Treasury and the progress of the war. It also mentions the Secretary's efforts to maintain the Treasury and his commitment to the principles of justice and equity.

9. The ninth part of the document is a report from the Secretary of the Interior Department, dated January 10, 1862. The report is addressed to the President and the Congress, and is signed by Caleb B. Smith. The report discusses the state of the Interior and the progress of the war. It also mentions the Secretary's efforts to maintain the Interior and his commitment to the principles of order and law.

10. The tenth part of the document is a report from the Secretary of the War Department, dated January 10, 1862. The report is addressed to the President and the Congress, and is signed by Edwin M. Stanton. The report discusses the military situation in the South and the progress of the war. It also mentions the Secretary's efforts to supply the army and his commitment to the principles of efficiency and economy.

FIG. 1a

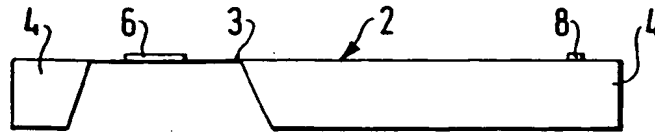


FIG. 1b

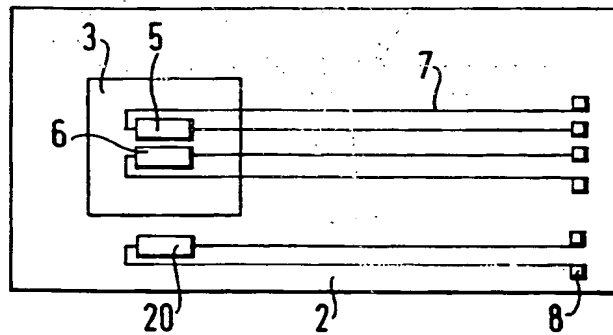


FIG. 2

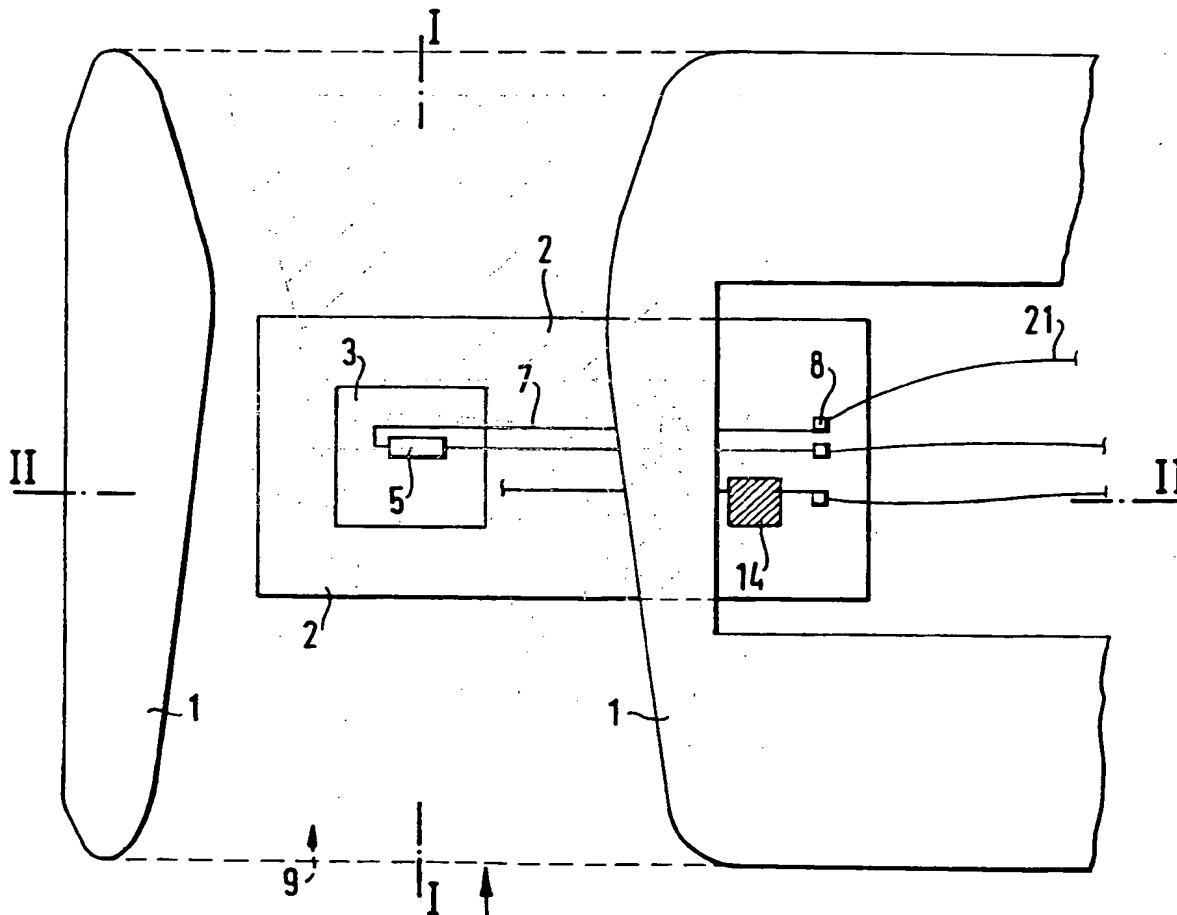


FIG. 3

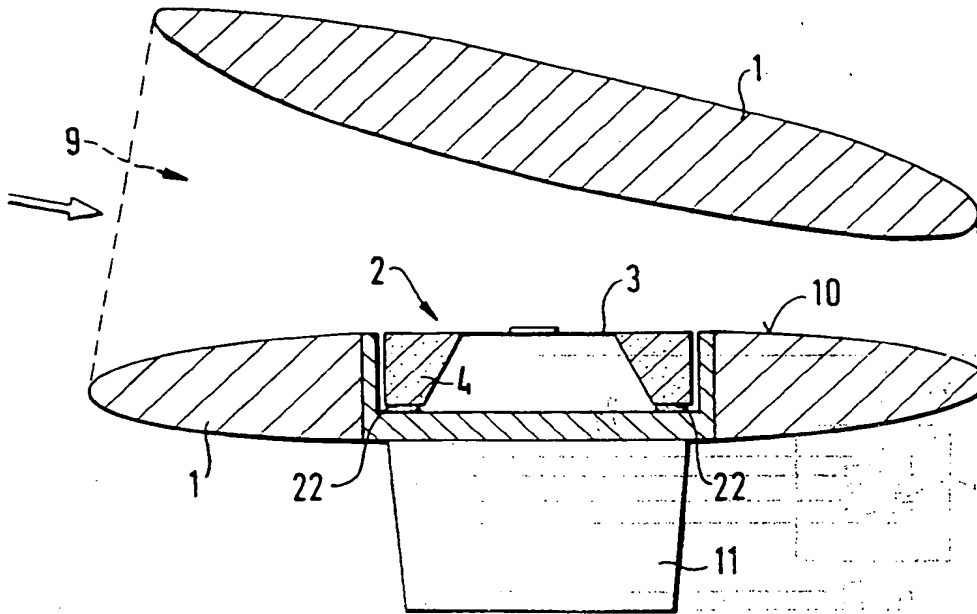


FIG. 4

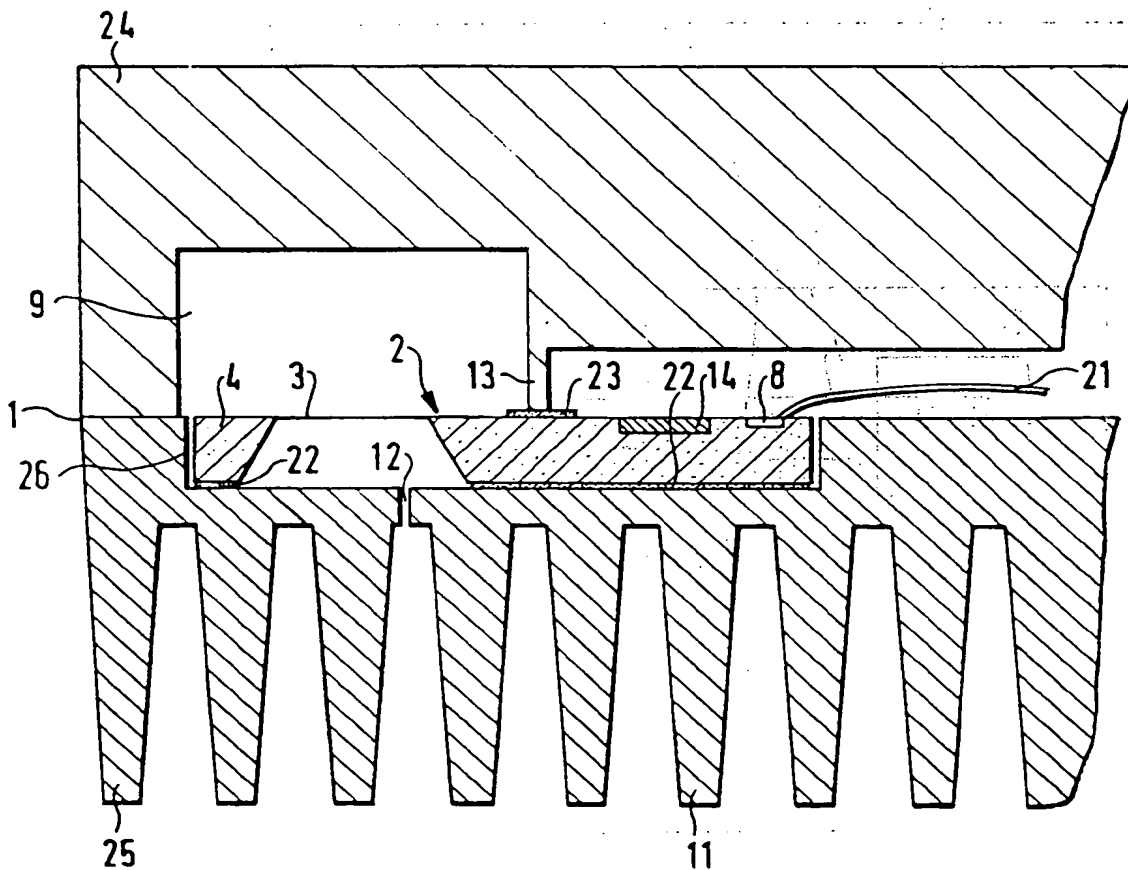


FIG. 5

